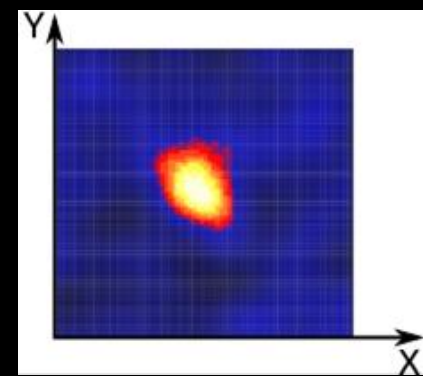
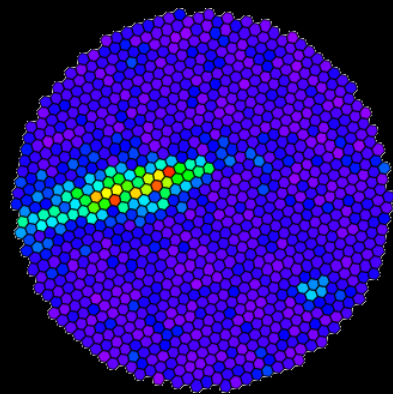
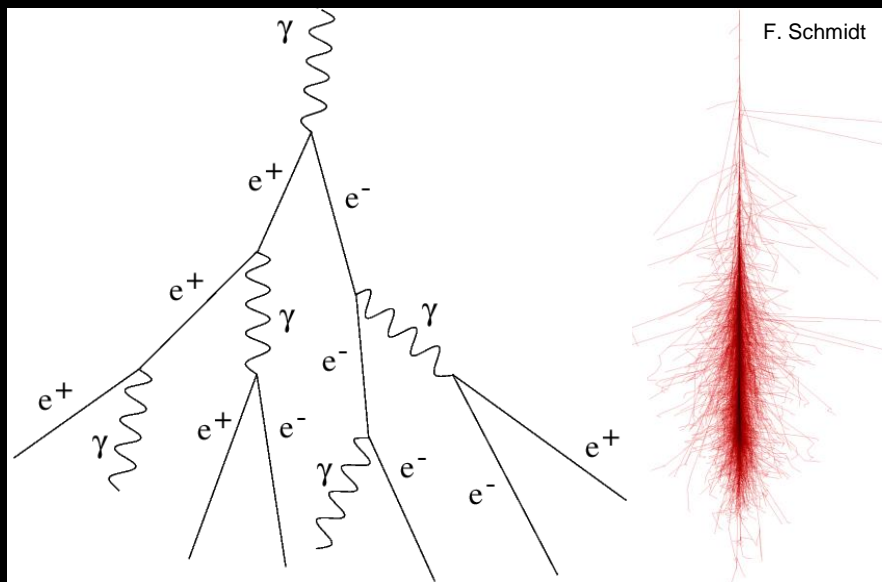


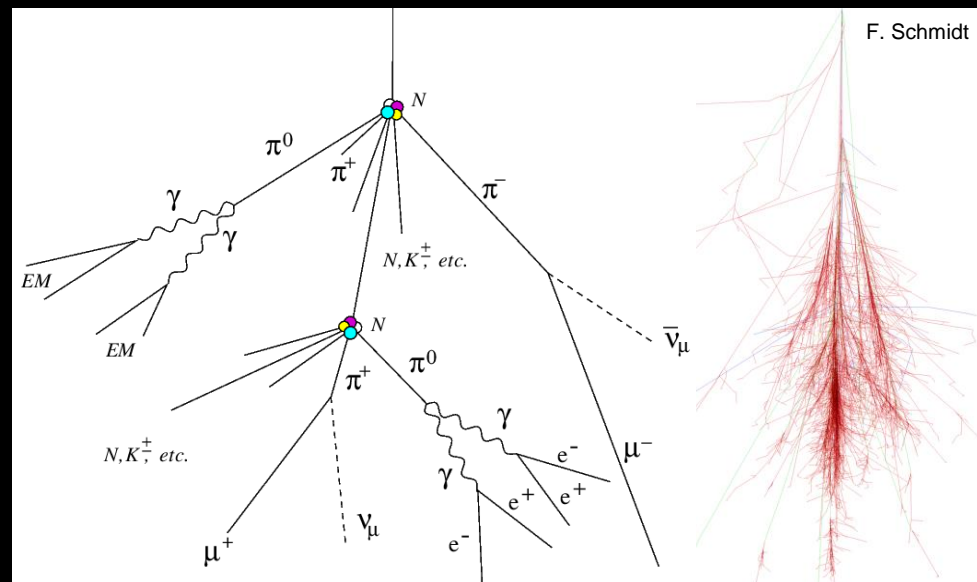
Datenanalyse & Quiz zur Ereignisklassifizierung



Martin Will

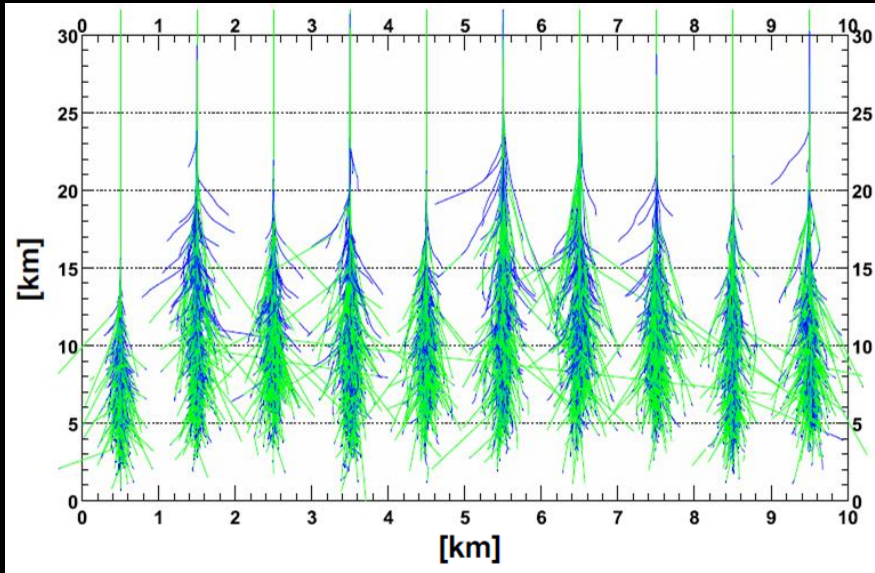


Gammastrahlen
(Photonen)

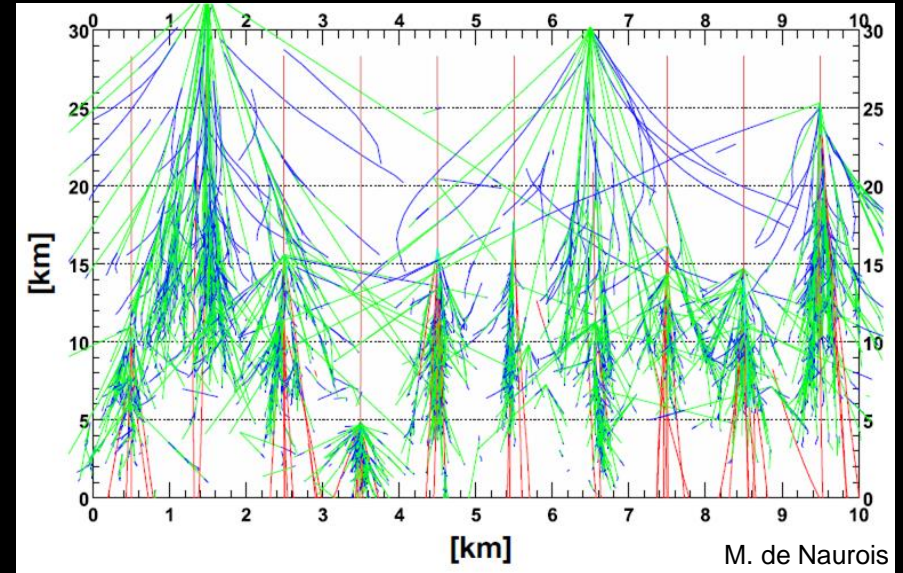


Geladene Teilchen
(Hadronen: Protonen, Atomkerne)

300 GeV Photon vs. Proton

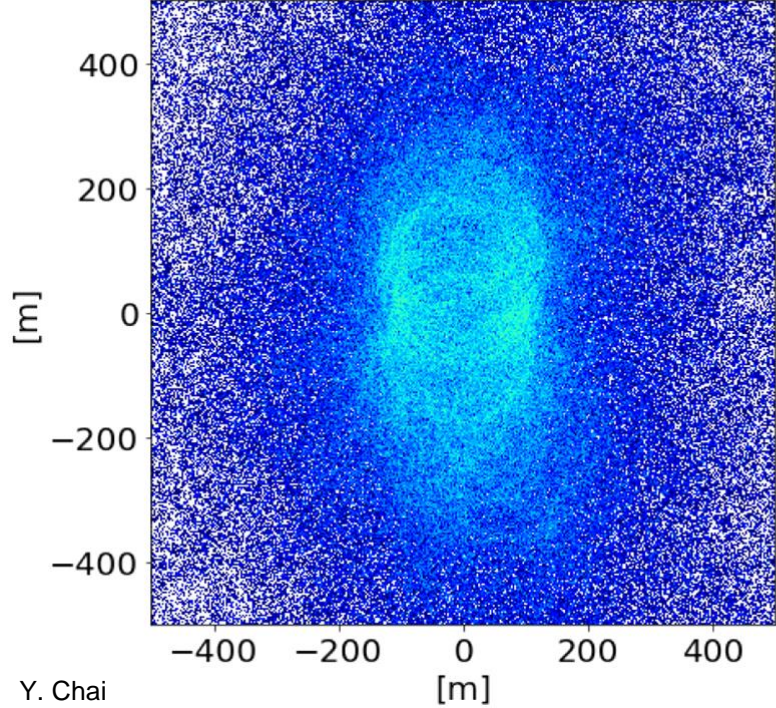


Gammastrahlen
(Photonen)

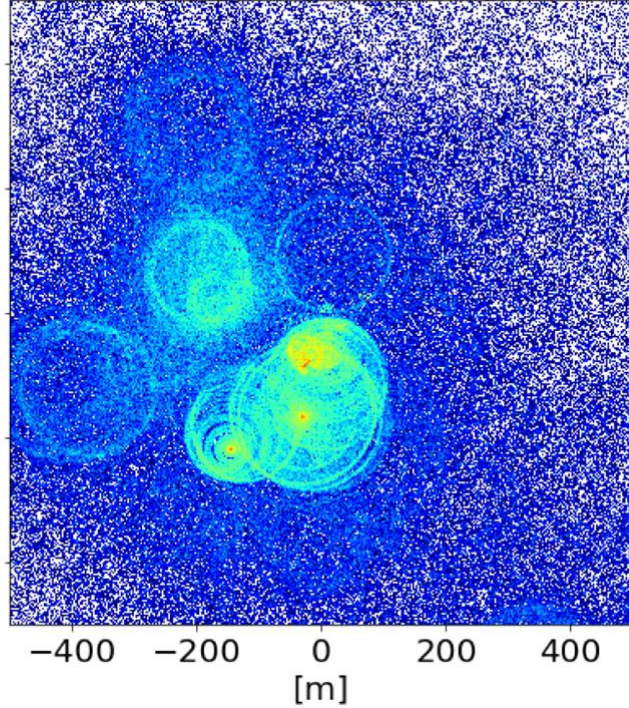


Geladene Teilchen
(Hadronen: Protonen, Atomkerne)

100 GeV Gamma at zenith



300GeV proton at zenith

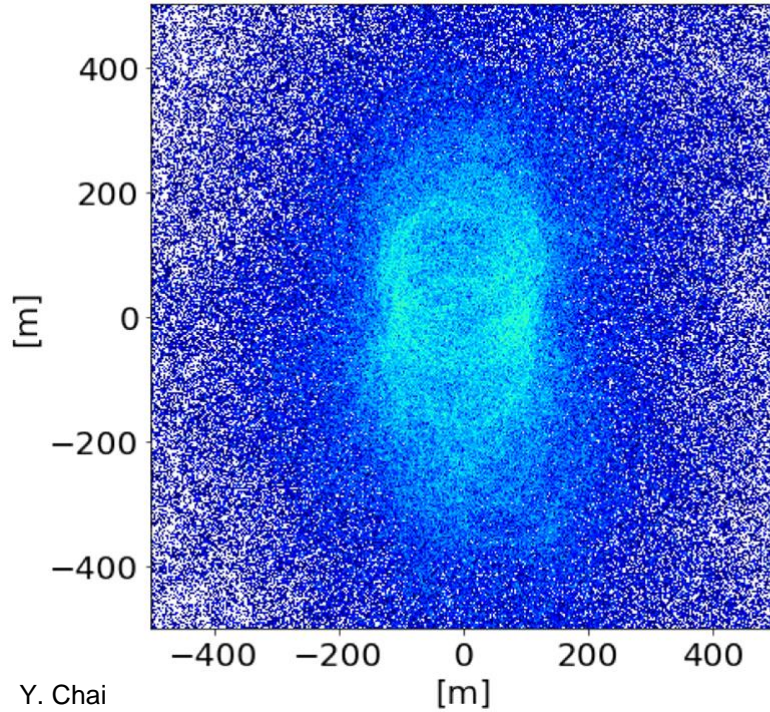


Gammastrahlen
(Photonen)

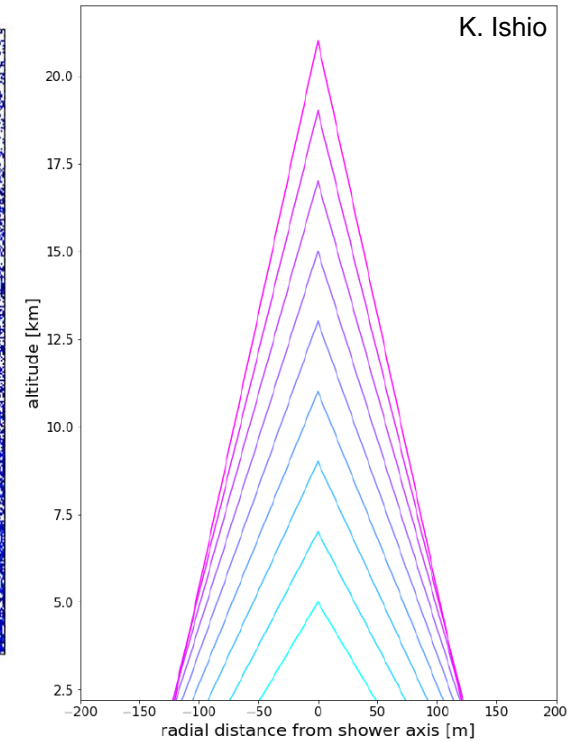
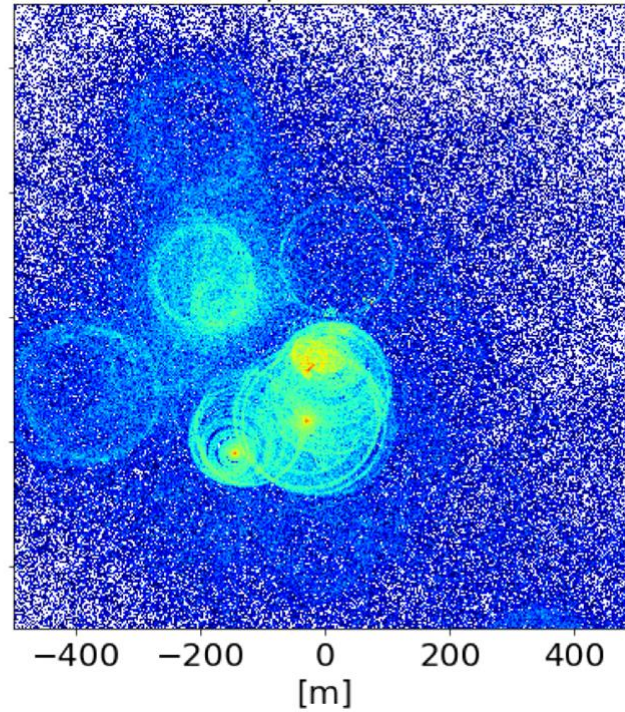
Geladene Teilchen
(Hadronen: Protonen, Atomkerne)

Cherenkov-Kegel

100 GeV Gamma at zenith

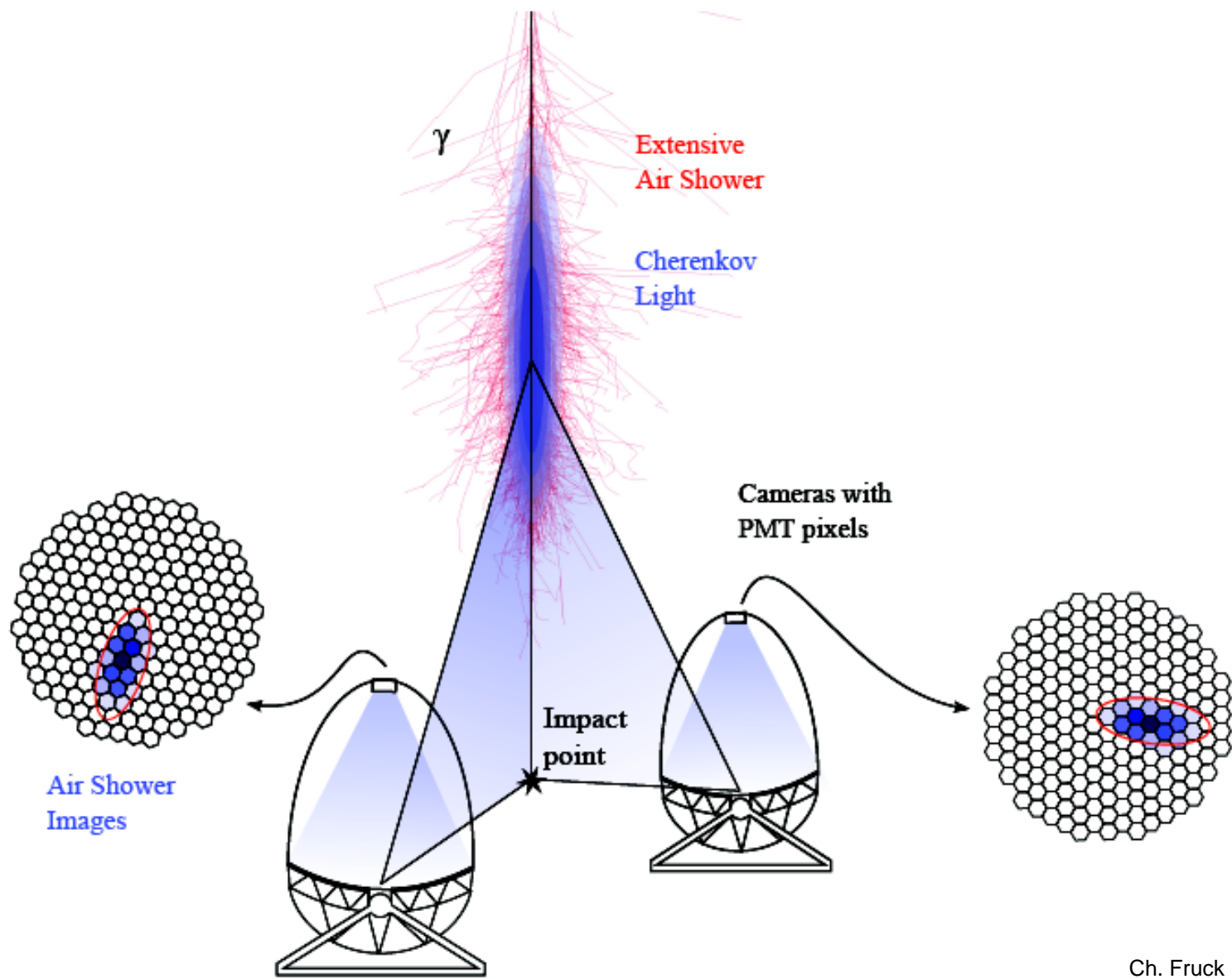


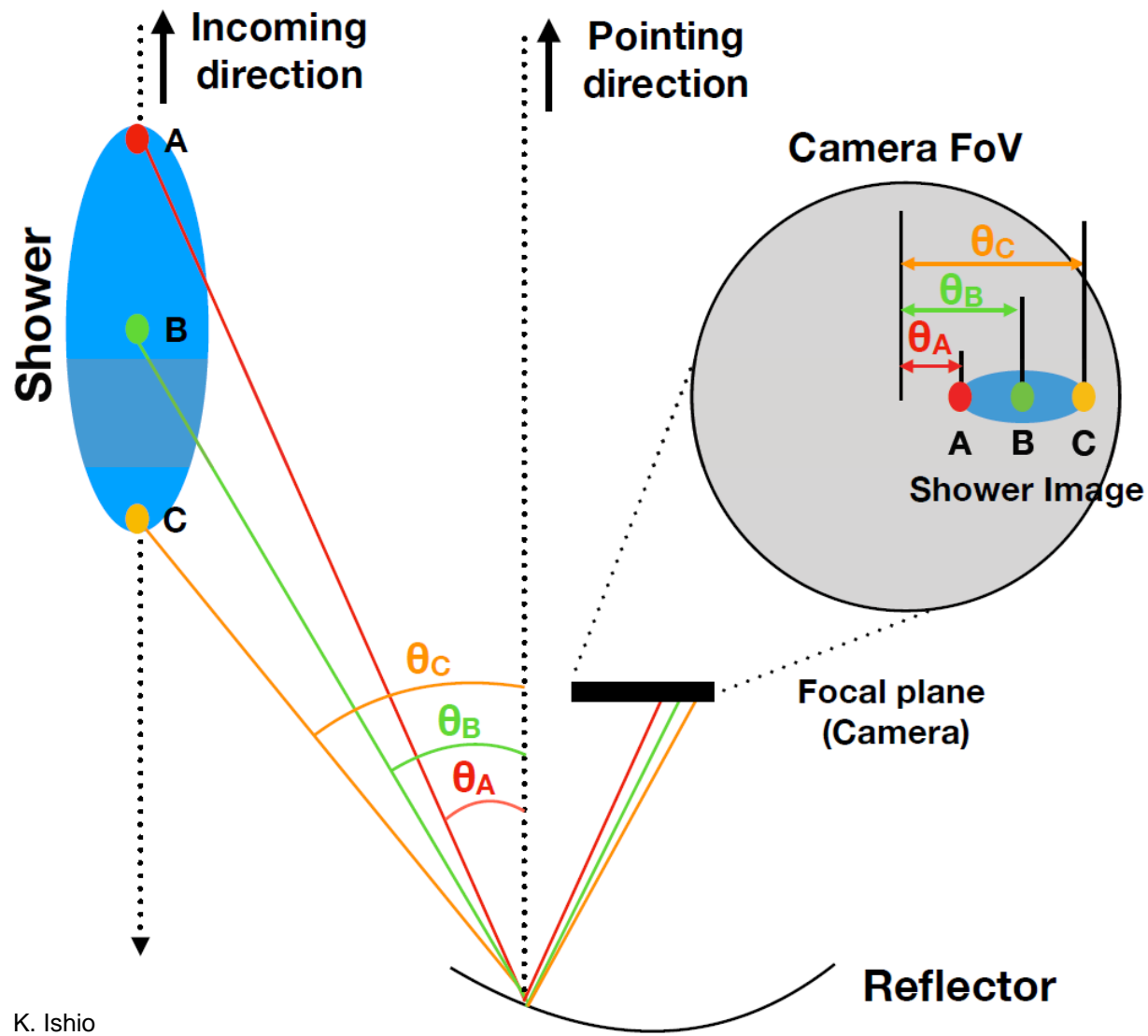
300GeV proton at zenith

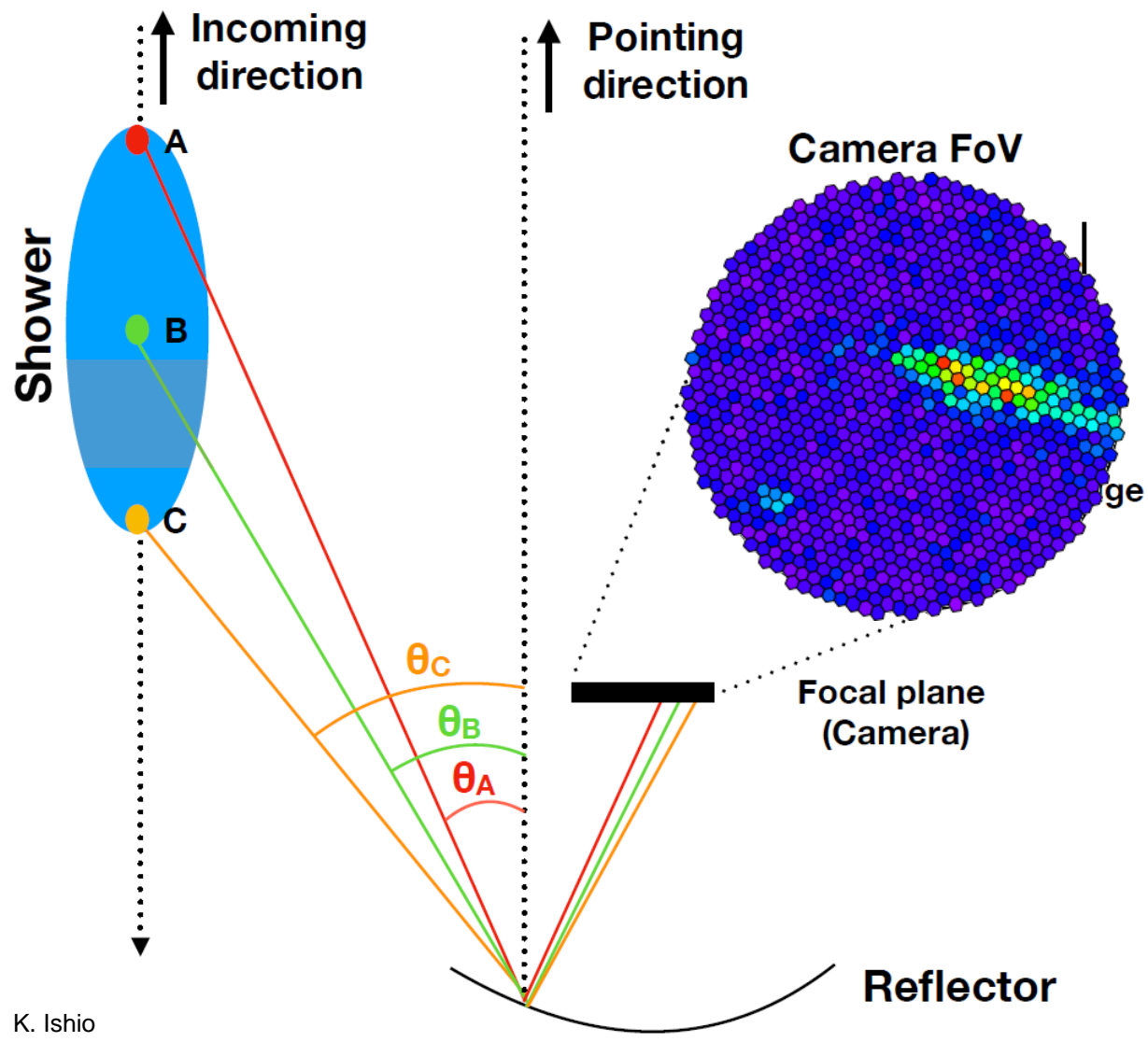


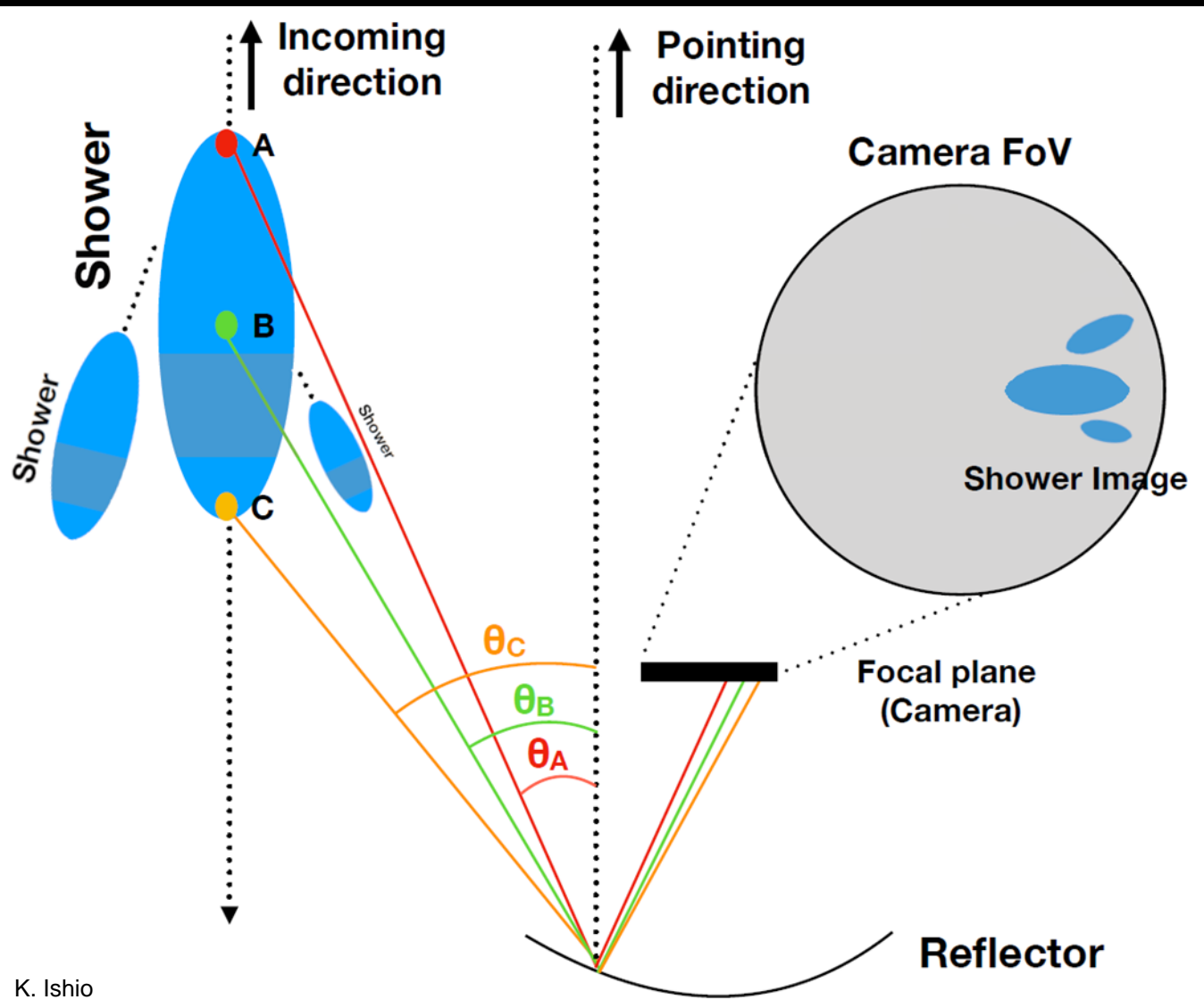
Gammastrahlen
(Photonen)

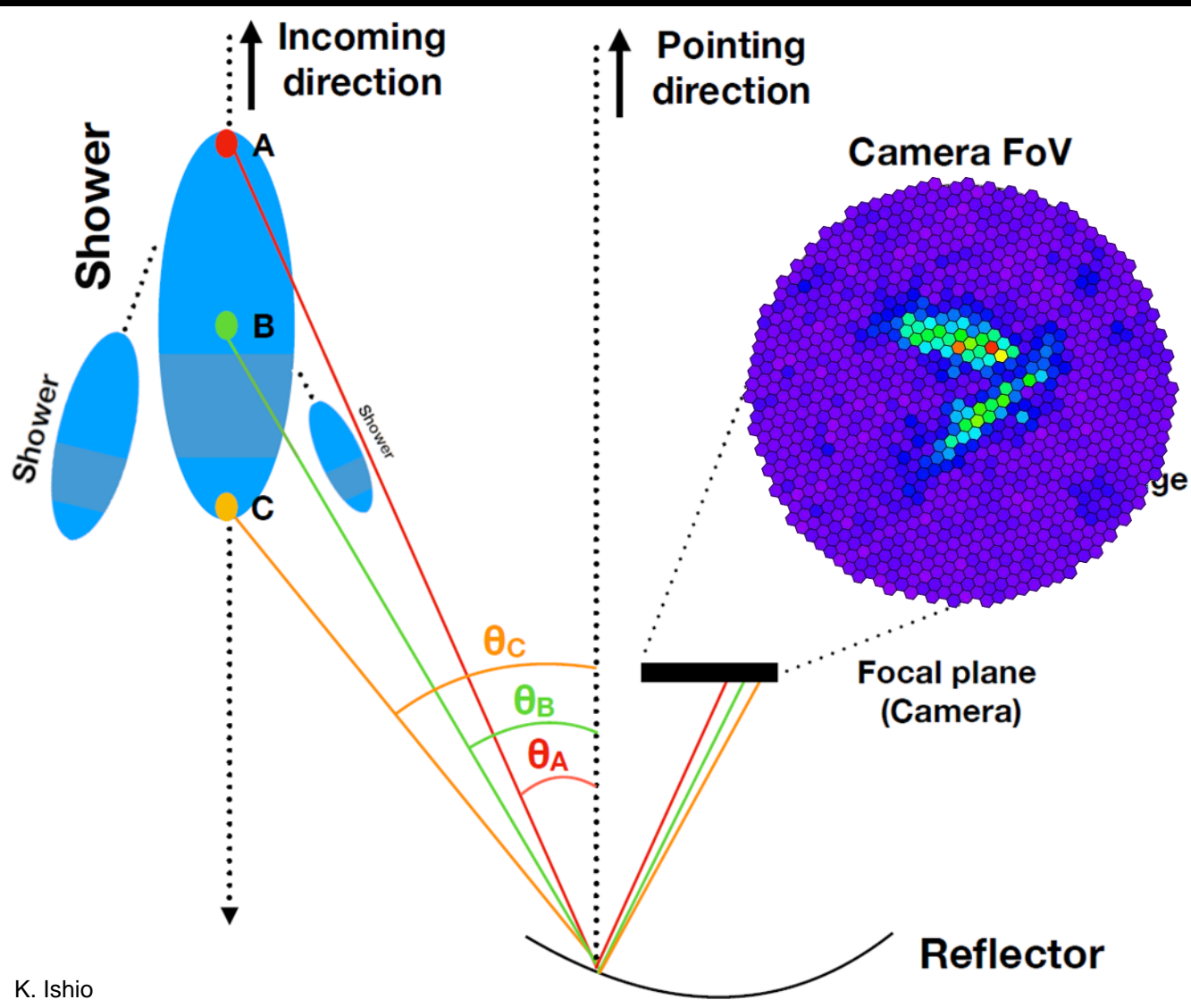
Geladene Teilchen
(Hadronen: Protonen, Atomkerne)

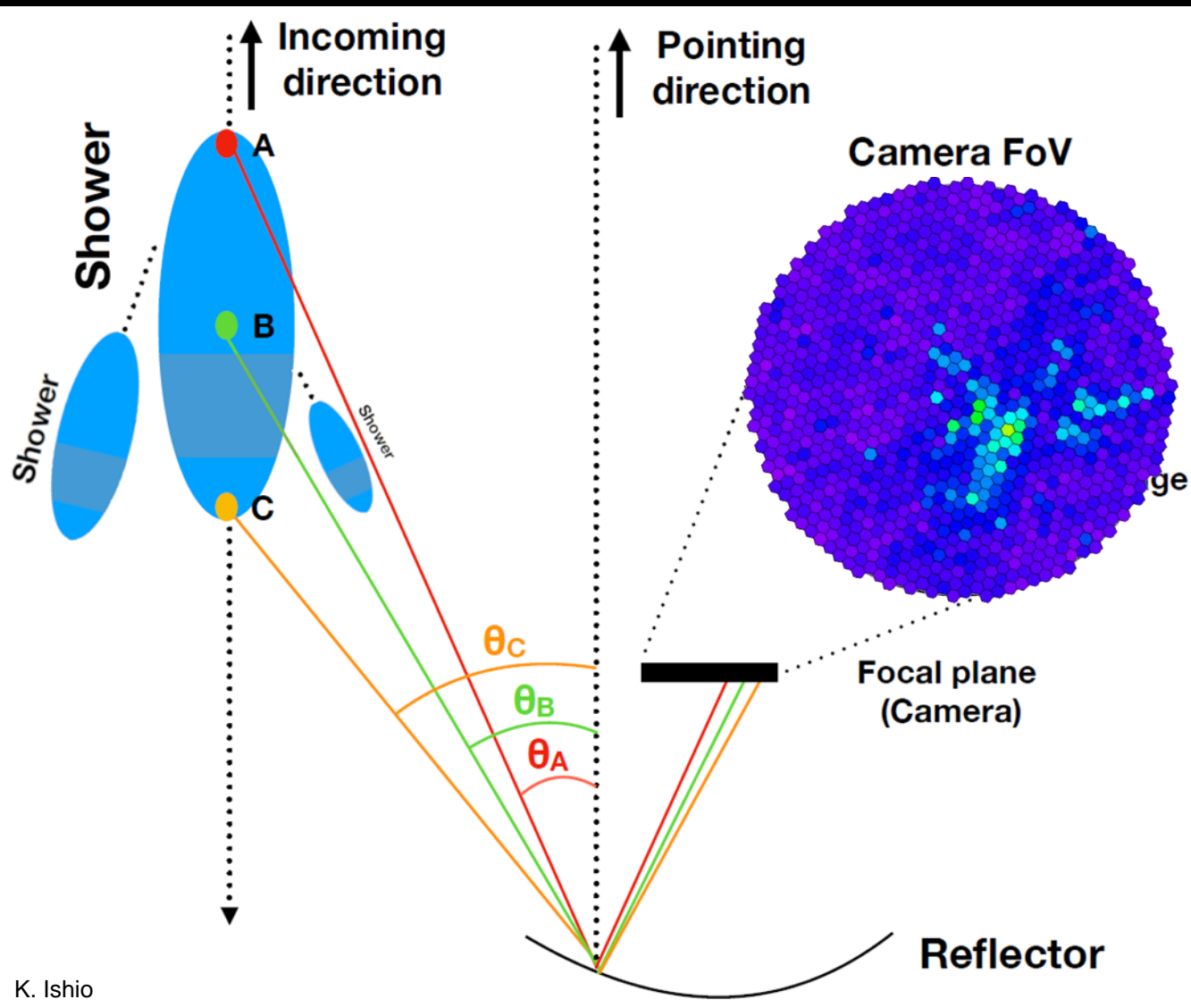


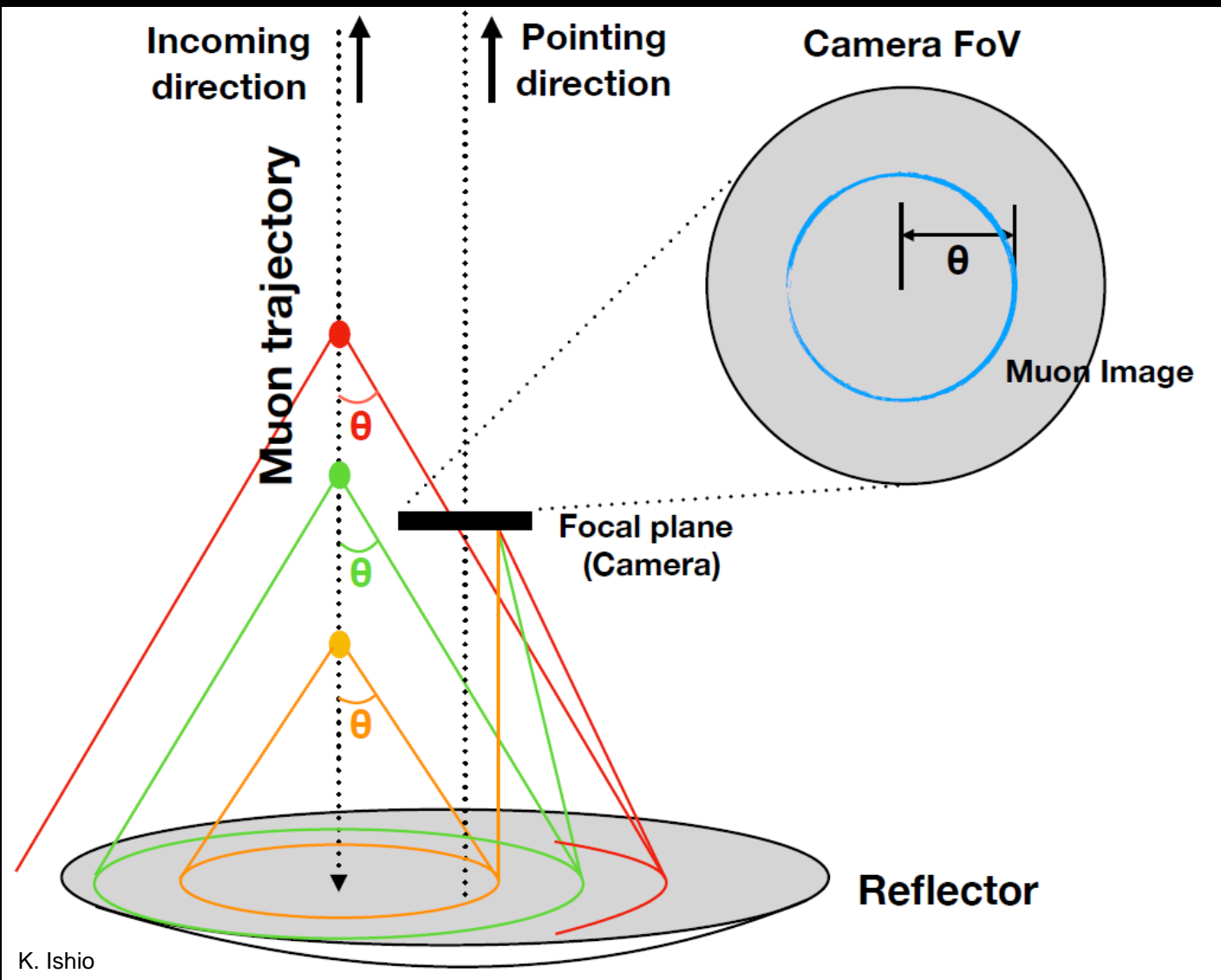


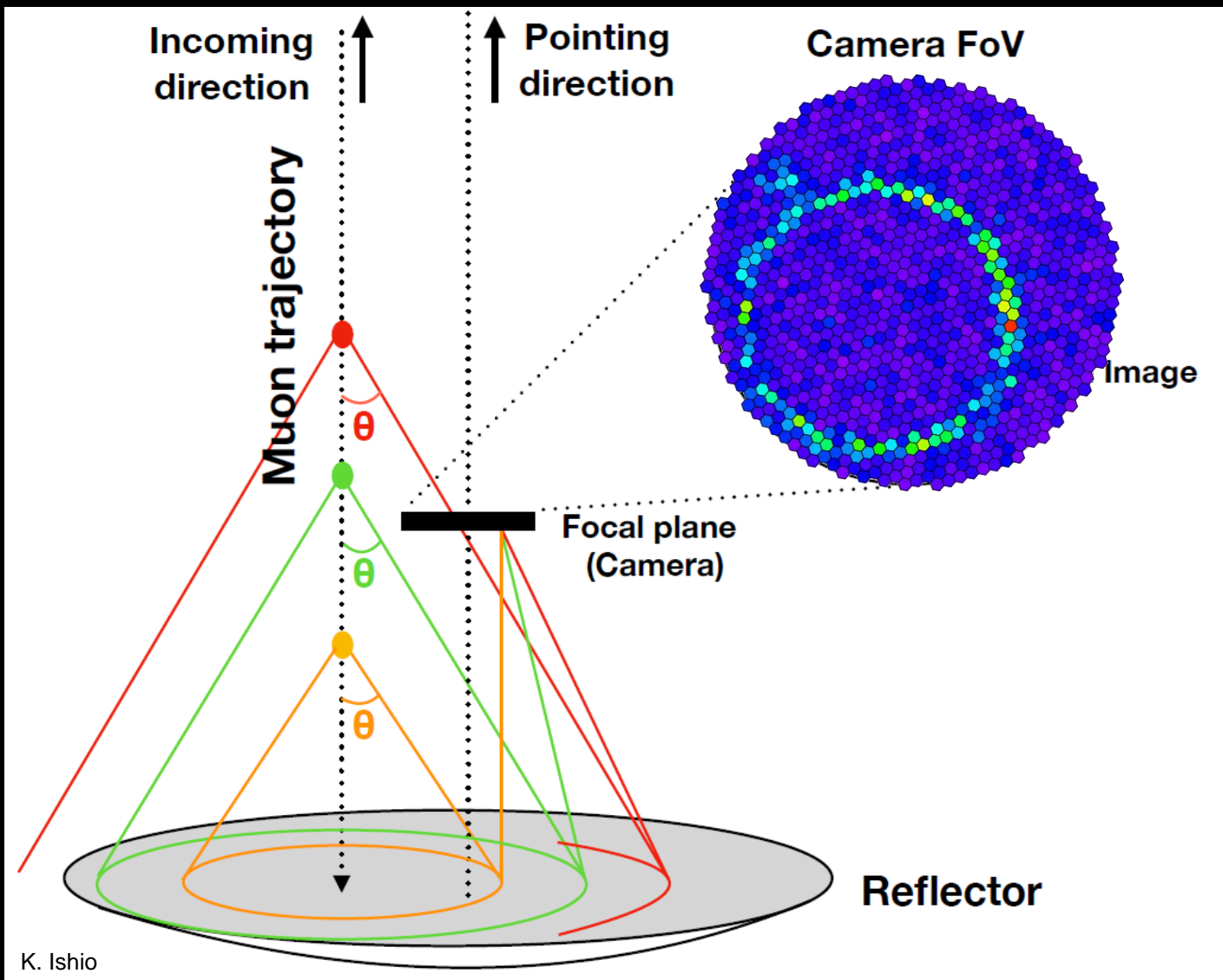












PMT-Kamera



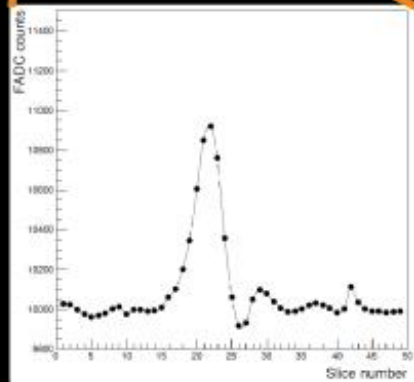
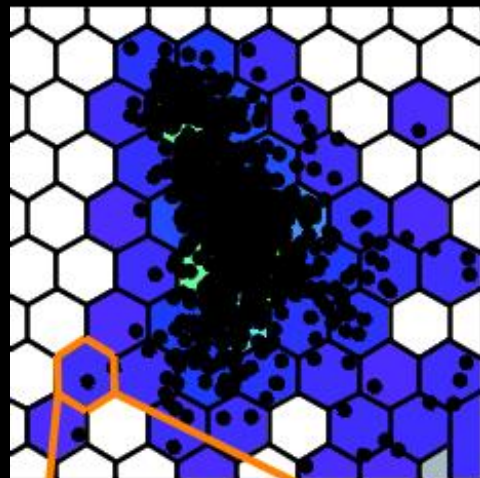
**Optische Faser /
Lichtleiter**

Auslese-Elektronik



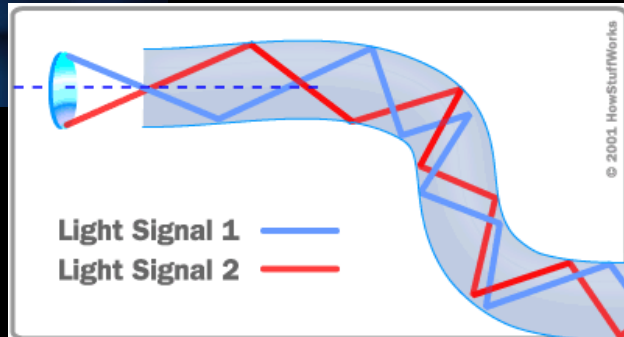
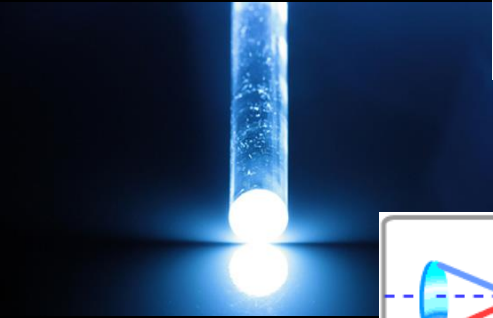
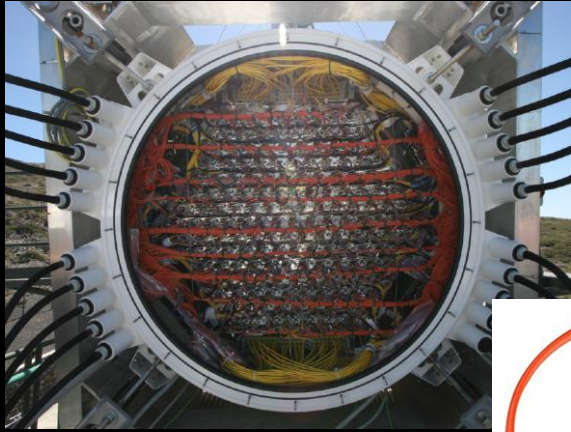
PMT-Kamera

Photon 60 GeV



Pixel: 2 x 1039 x 700 000 Hz

150 Meter Lichtleiter



Kameras: 2 x 20 000 Hz

Auslese-Elektronik



Stereo: 2 x 300 Hz

MAGIC 1

1–2 GB / min

2 TB / Nacht



MAGIC 2

1–2 GB / min

Und nun?

**Wie bekommen wir diese Datenmenge reduziert,
ohne wichtige Informationen zu verlieren?**

MAGIC 1

1–2 GB / min



Kalibrierung /
Signal-Extraktion

60 MB / min

70 GB / Nacht



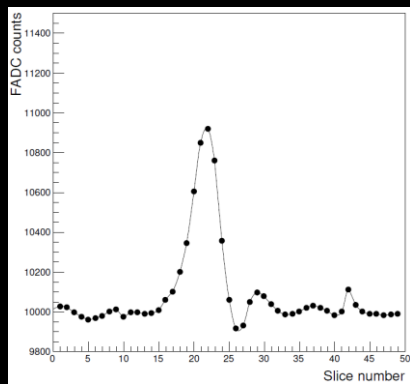
MAGIC 2

1–2 GB / min

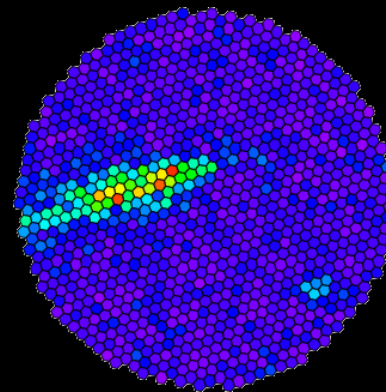


Kalibrierung /
Signal-Extraktion

60 MB / min



Pixel mit Signal



Alle Pixel

MAGIC 1

1–2 GB / min



Kalibrierung /
Signal-Extraktion

60 MB / min

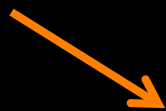


Image
Cleaning
5 MB / min

6 GB / Nacht



MAGIC 2

1–2 GB / min



Kalibrierung /
Signal-Extraktion

60 MB / min



Image
Cleaning
5 MB / min

Mehr dazu gleich...

MAGIC 1

1–2 GB / min

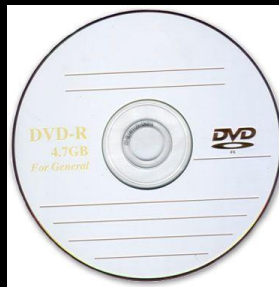
**Kalibrierung /
Signal-Extraktion**

60 MB / min

**Image
Cleaning**
5 MB / min

**Stereo
Rekonstruktion**
5 MB / min

3 GB / Nacht



MAGIC 2

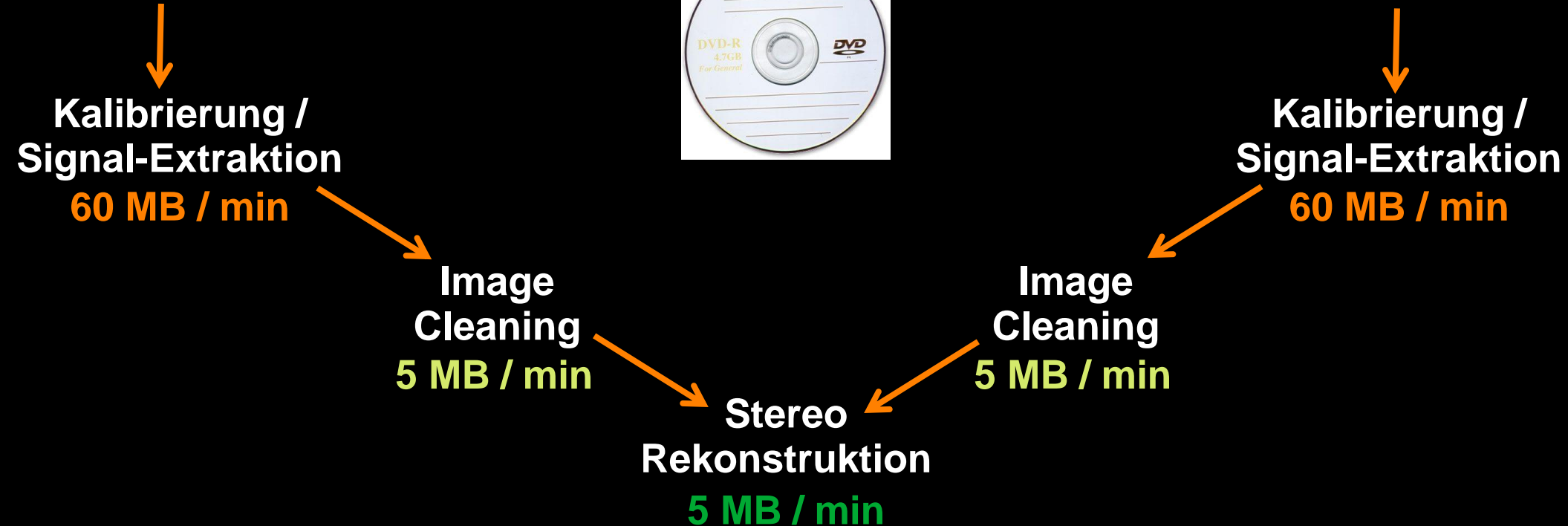
1–2 GB / min

**Kalibrierung /
Signal-Extraktion**

60 MB / min

**Image
Cleaning**
5 MB / min

**Stereo
Rekonstruktion**
5 MB / min



MAGIC 1

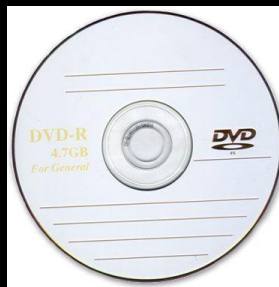
1–2 GB / min

**Kalibrierung /
Signal-Extraktion**

60 MB / min

**Image
Cleaning**
5 MB / min

3 GB / Nacht



MAGIC 2

1–2 GB / min

**Kalibrierung /
Signal-Extraktion**

60 MB / min

**Image
Cleaning**
5 MB / min

**Stereo
Rekonstruktion**

5 MB / min

Trennung von γ / h

5 MB / min

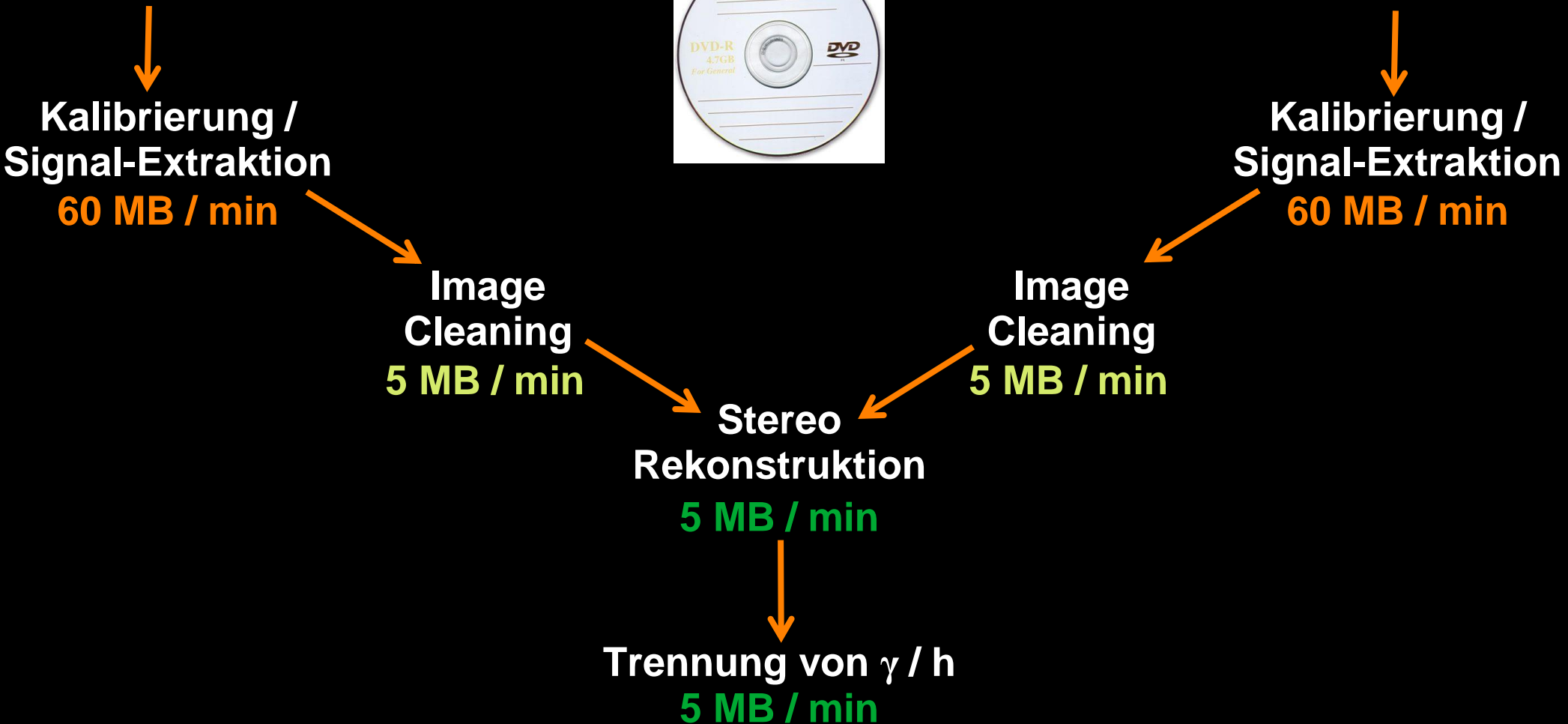
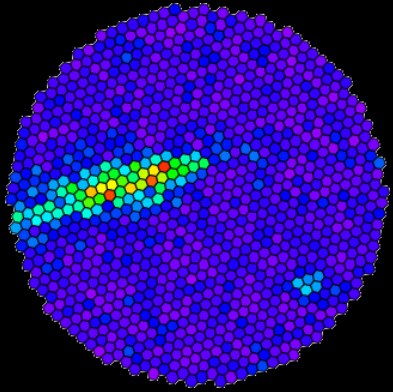


Image Cleaning



**Bild eines Photons in
MAGIC-1 und MAGIC-2**

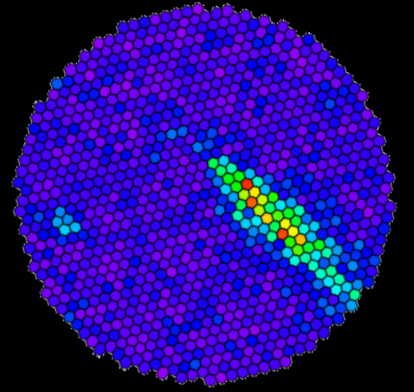
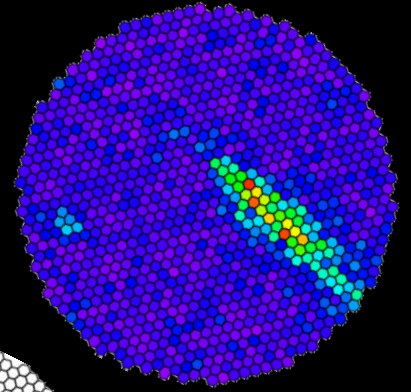
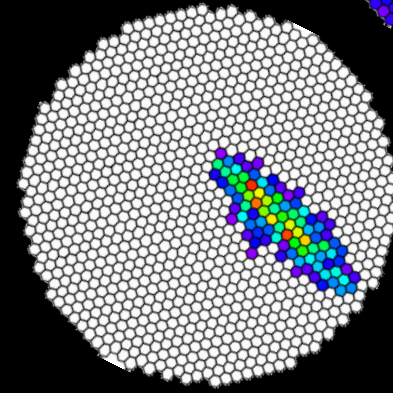
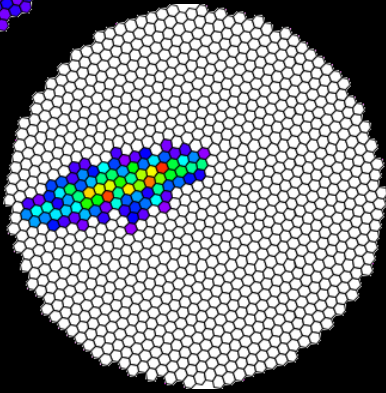
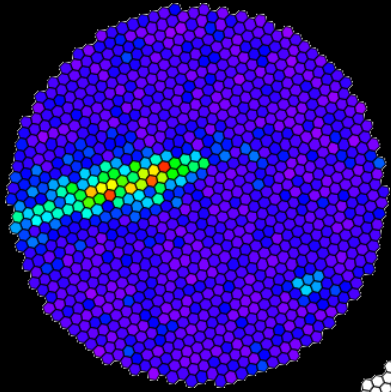
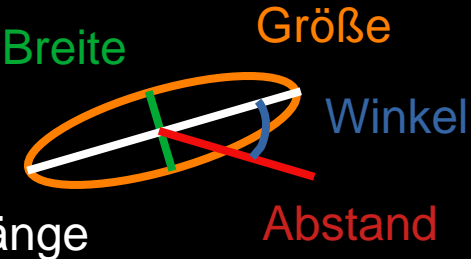
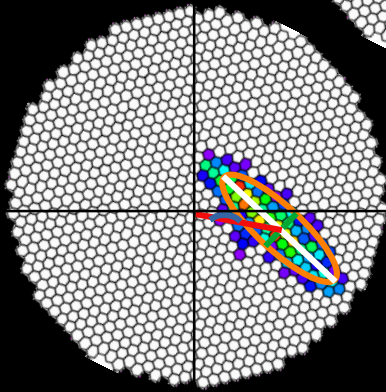
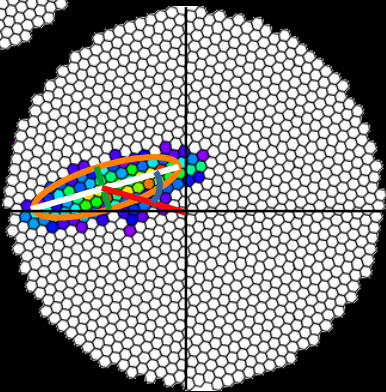
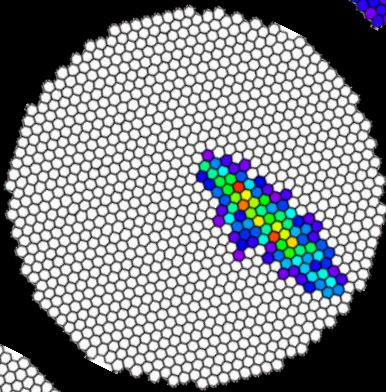
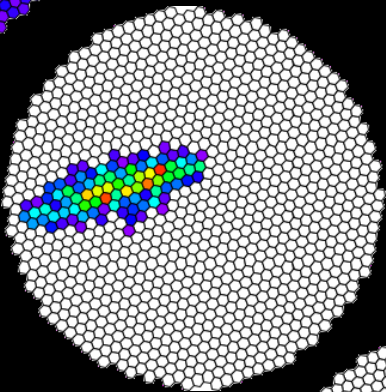
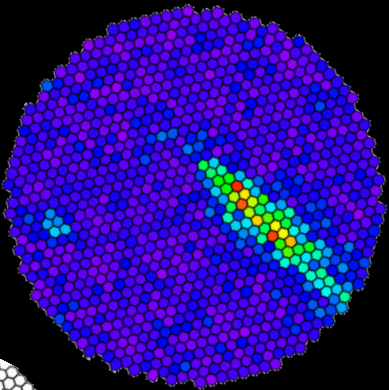
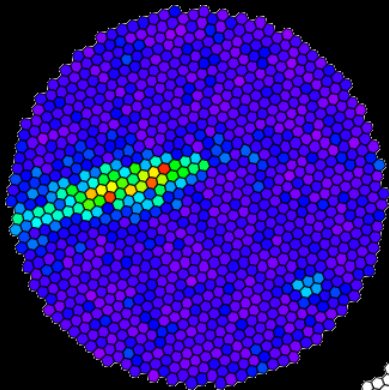


Image Cleaning

Ausschneiden des Signals,
Entfernen des Hintergrunds



Schauer-Parameter extrahieren



Breite

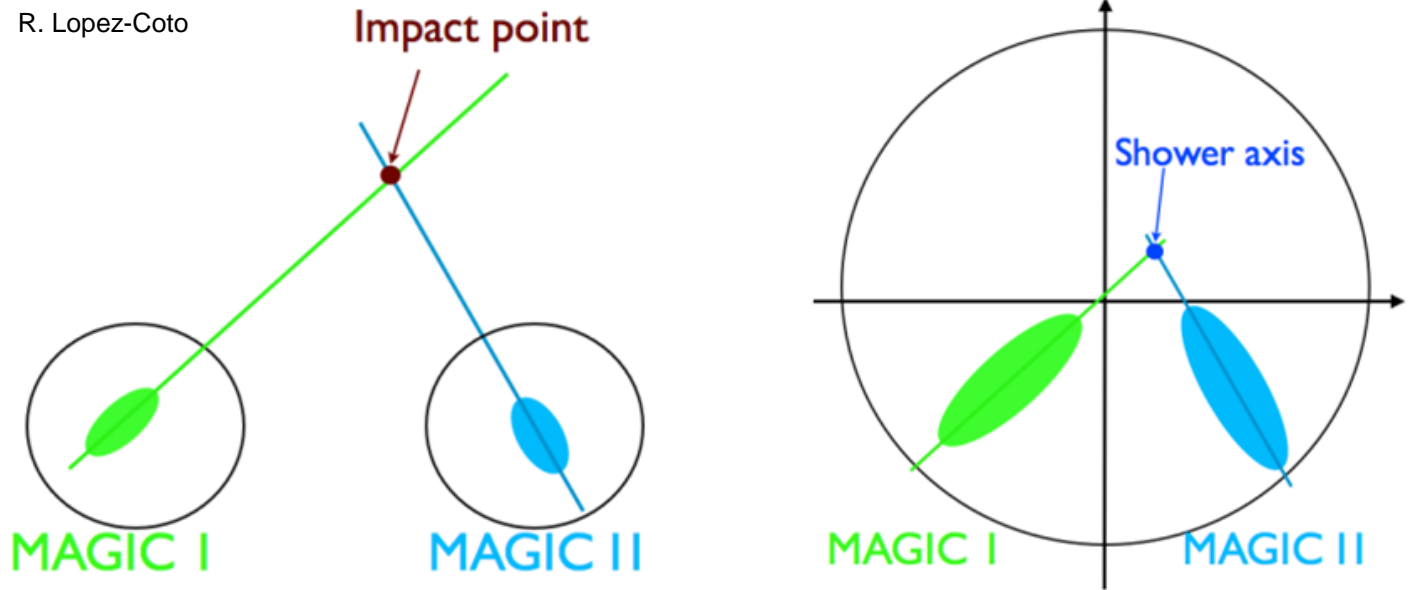
Größe

Winkel

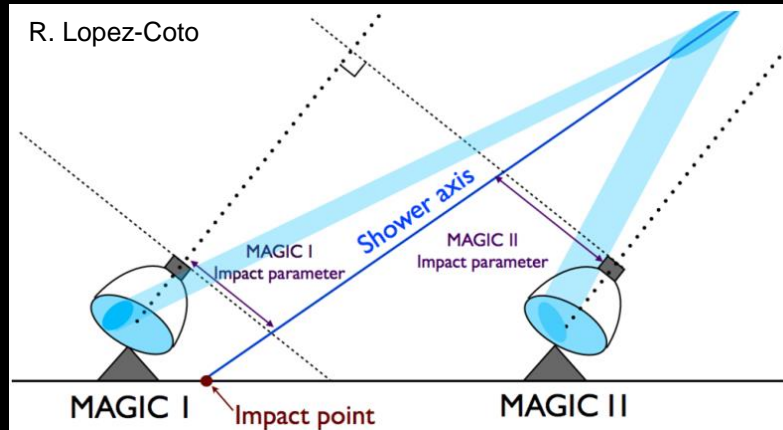
Länge

Abstand

R. Lopez-Coto

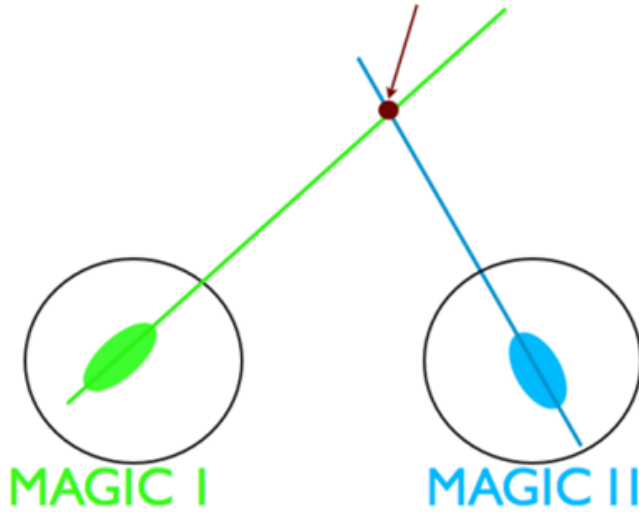


R. Lopez-Coto

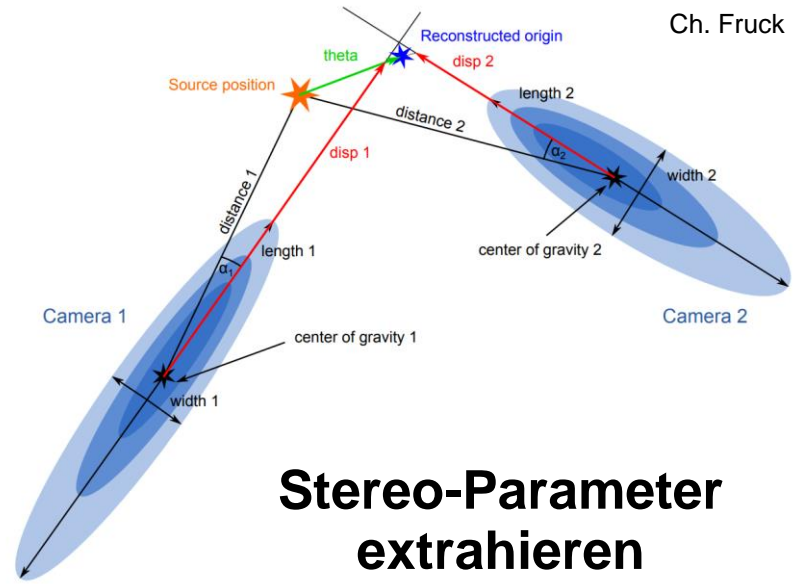


R. Lopez-Coto

Impact point

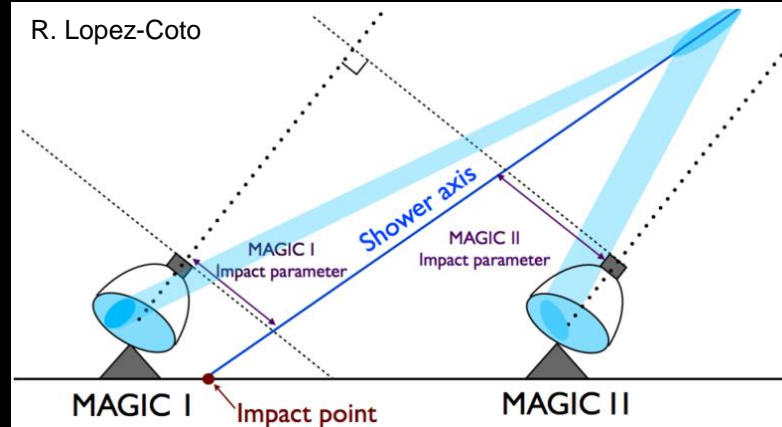


Ch. Fruck



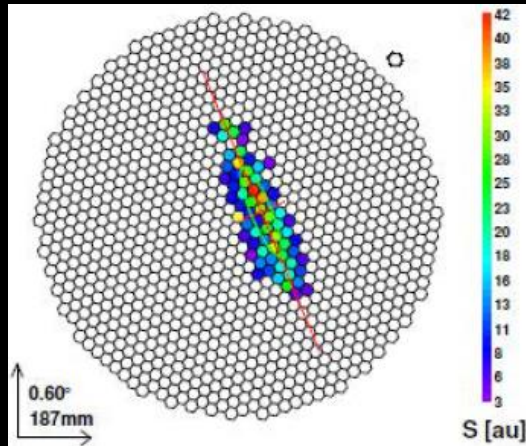
**Stereo-Parameter
extrahieren**

R. Lopez-Coto

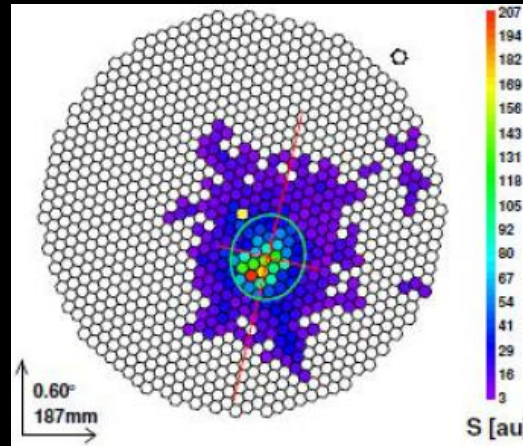


Schauer- und Stereo-Parameter für alle Ereignisse extrahiert

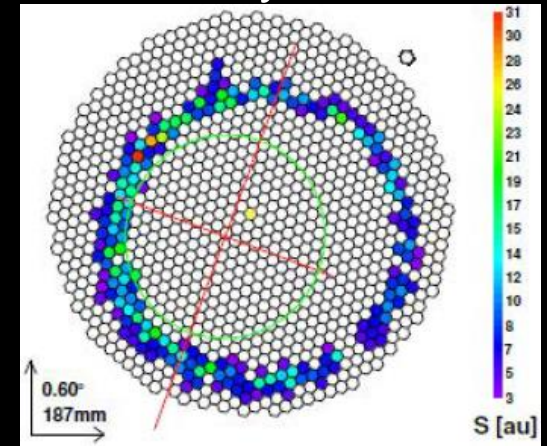
Photon



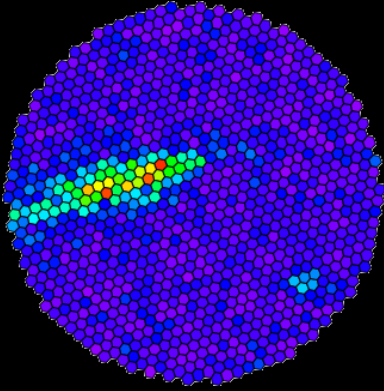
Proton



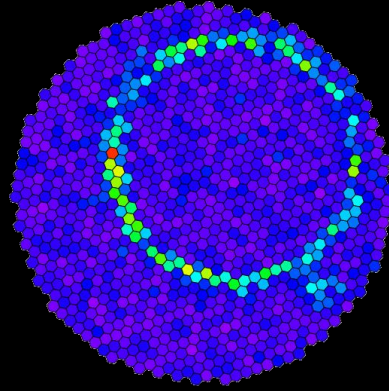
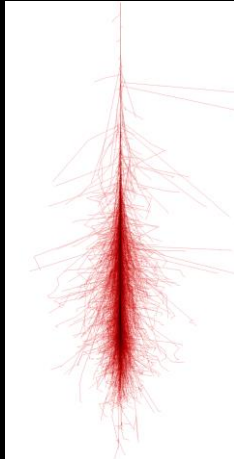
Myon



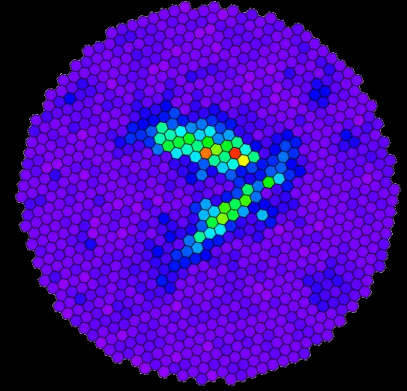
Quiz zur Ereignisklassifizierung



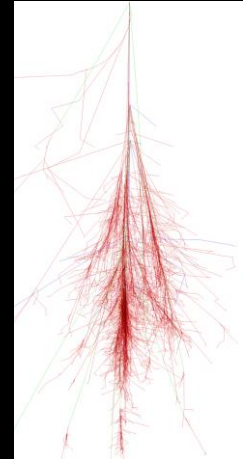
Photon



Myon

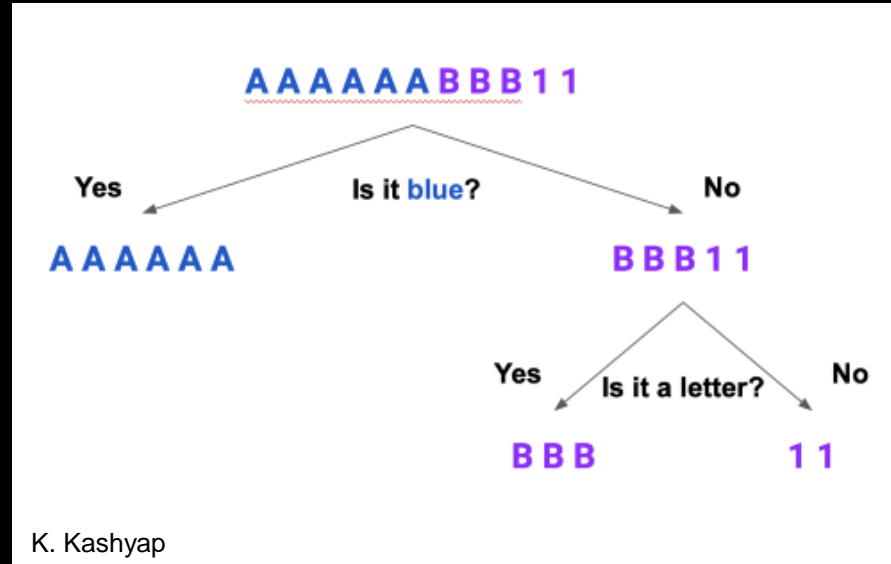


Proton

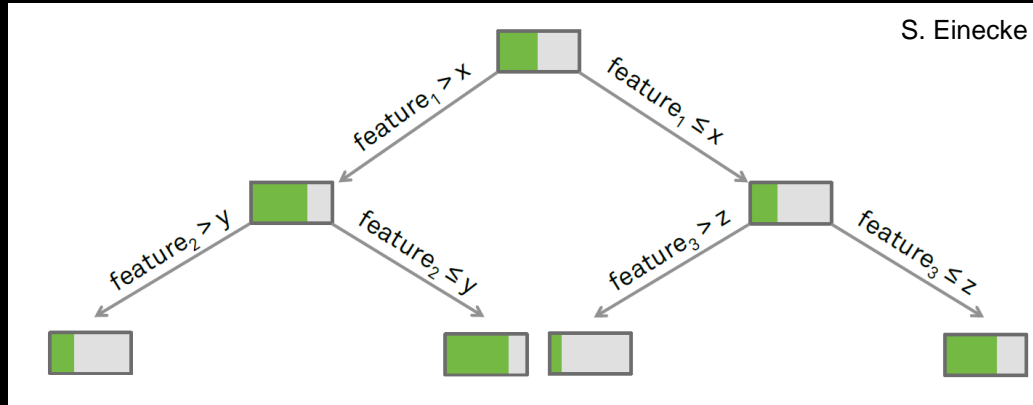


Lea Heckmann & Martin Will

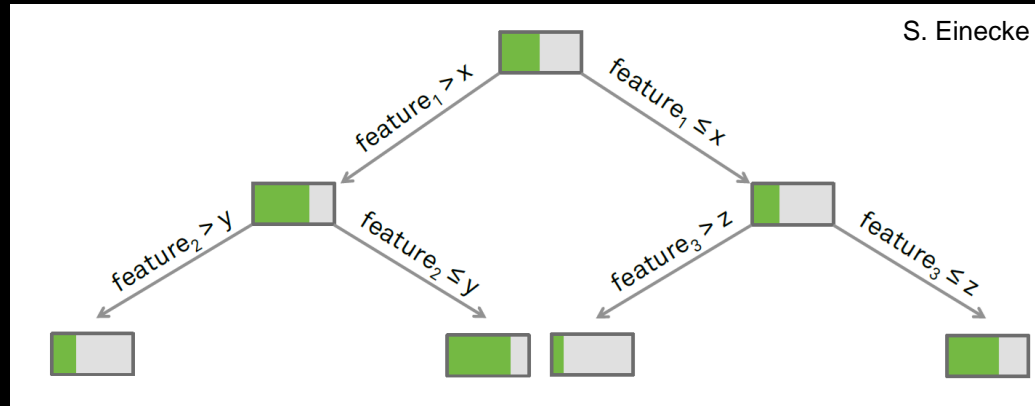
Trennung von γ / h „Random Forest“



Trennung von γ / h „Random Forest“

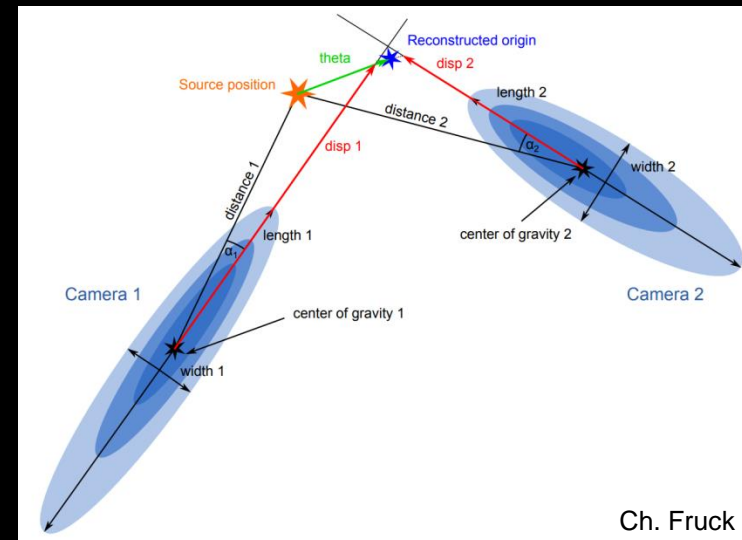


Trennung von γ / h „Random Forest“

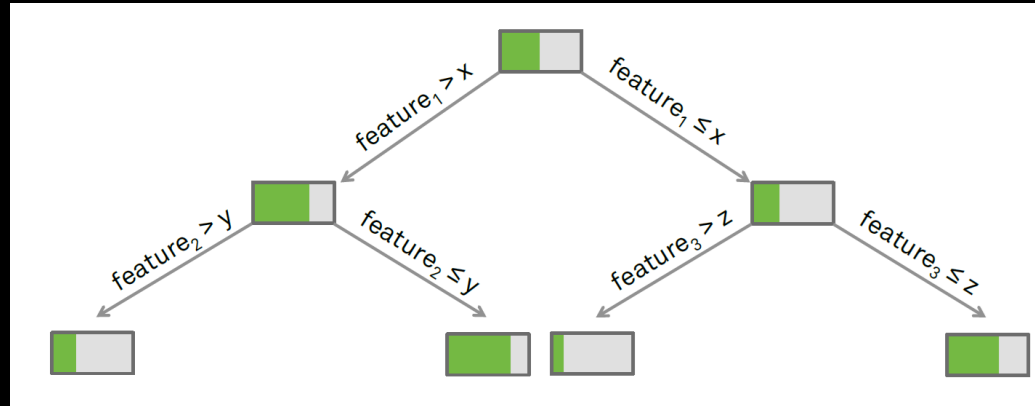


Mögliche Parameter:

- **Ellipse (Größe, Breite, Länge)**
- **Zeitliche Entwicklung des Bildes**
- **Rekonstruktion des Schauers (Höhe, Entfernung)**

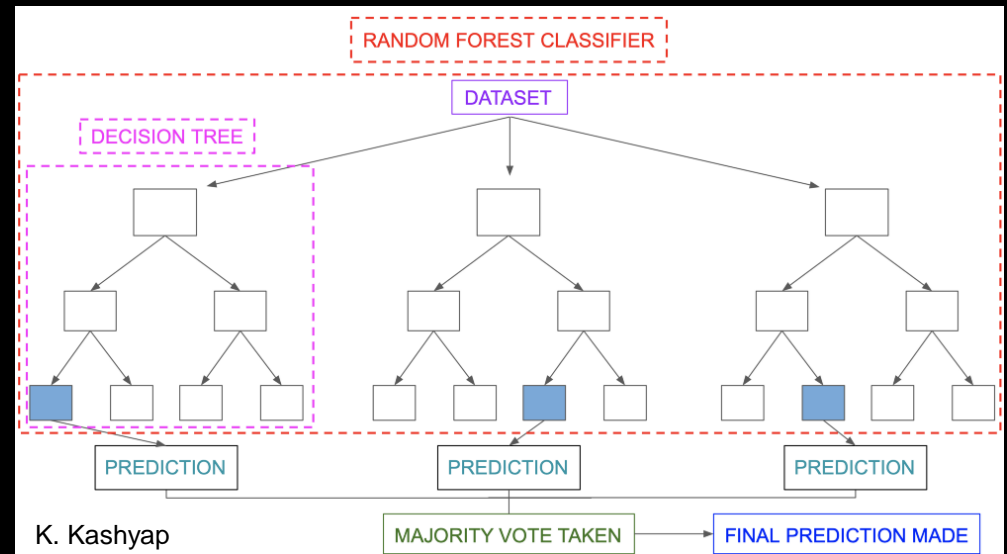


Trennung von γ / h „Random Forest“



**Training mit Simulationen
(Wahrheit ist bekannt!)
zum Gewichten der Parameter**

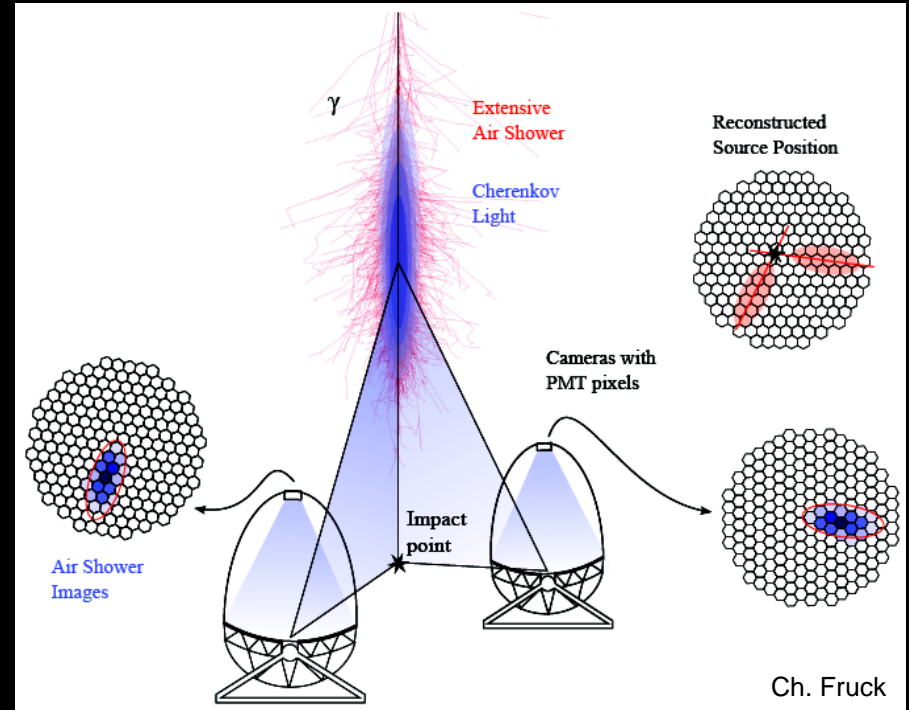
**Fertiger „Baum“ wird auf die
echten Daten angewendet um
Photonen vom Rest zu trennen**



Wir haben nun alles beisammen.

Für jedes verbleibende Ereignis kennen wir:

- Wahrscheinlichkeit der Teilchenart
- Abschätzung der Energie
- Abschätzung der Richtung



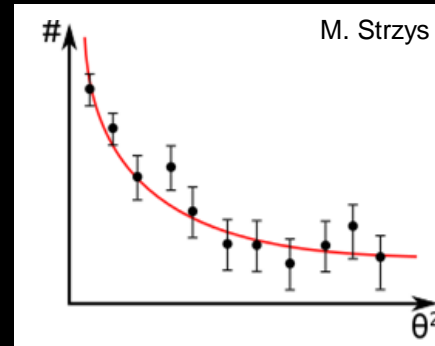
Nun beginnt die eigentliche Arbeit der Physiker, die Selektion der Ereignisse anhand der verfügbaren Parameter:

- **Wie wahrscheinlich soll das Ereignis ein Photon sein?**
(Je höher, umso weniger Hadronen-Hintergrund, aber auch weniger Photonen)
- **Wie weit von der erwarteten Quellposition darf die Richtung weg sein?**
(Bei weit entfernten Punktquellen eher streng,
bei nahen oder ausgedehnten Quellen eher weniger strikt)

Die meiste Zeit wird auf die Optimierung der Selektion und das wiederholte Durchlaufen der vorherigen Rekonstruktionsschritte

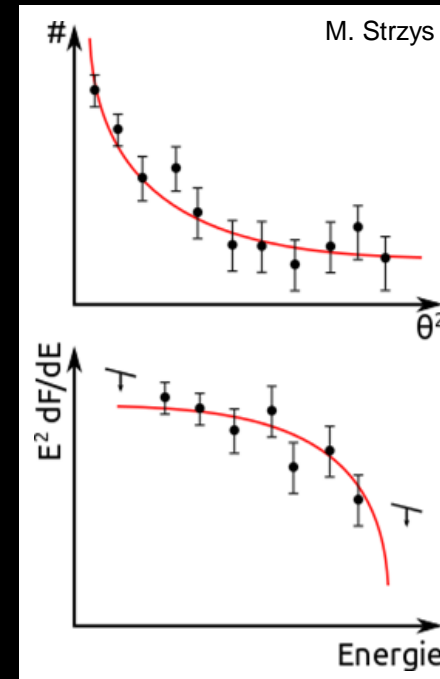
Und was kommt nun am Ende dabei raus?

- **Quellendetektion**
Ist das Signal echt
oder nur Zufall?



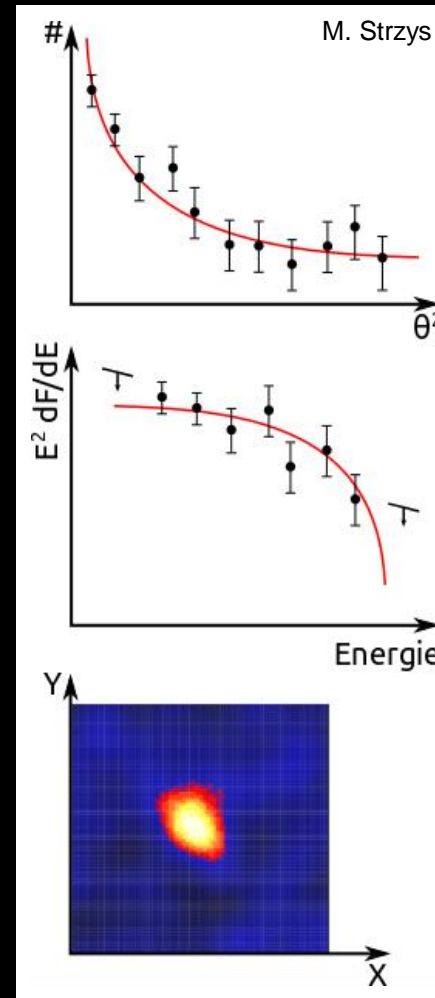
Signal gegen
Winkelabstand
zur Quelle

- **Quellendetektion**
Ist das Signal echt
oder nur Zufall?
- **Energiespektrum**
Bei welcher Energie
erreicht uns wie viel Strahlung?



Fluss gegen
Energie der
Photonen

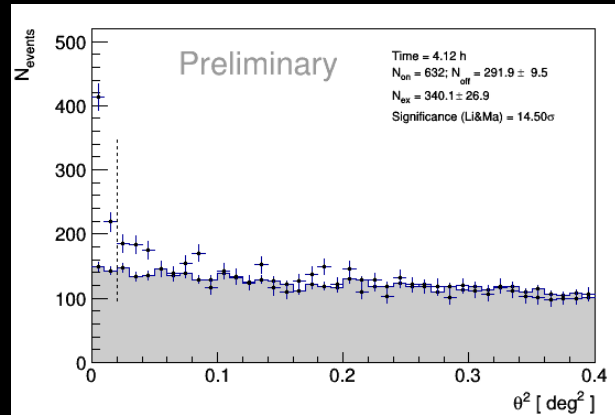
- **Quellendetektion**
Ist das Signal echt
oder nur Zufall?
- **Energiespektrum**
Bei welcher Energie
erreicht uns wie viel Strahlung?
- **Himmelskarte**
Aus welcher Richtung
kommt die Strahlung?



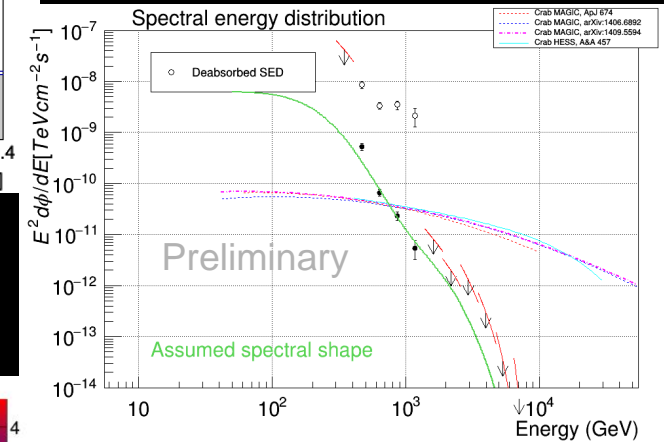
Richtungen
der Photonen

GRB190114C: Der erste Gammastrahlenblitz der von einem Cherenkov-Teleskop (MAGIC) nach 15 Jahren Suche entdeckt wurde!

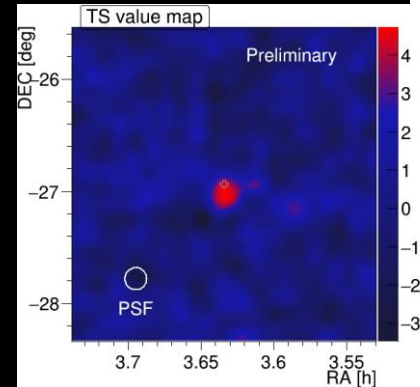
- **Quellendetektion**
Ist das Signal echt oder nur Zufall?



- **Energiespektrum**
Bei welcher Energie erreicht uns wie viel Strahlung?



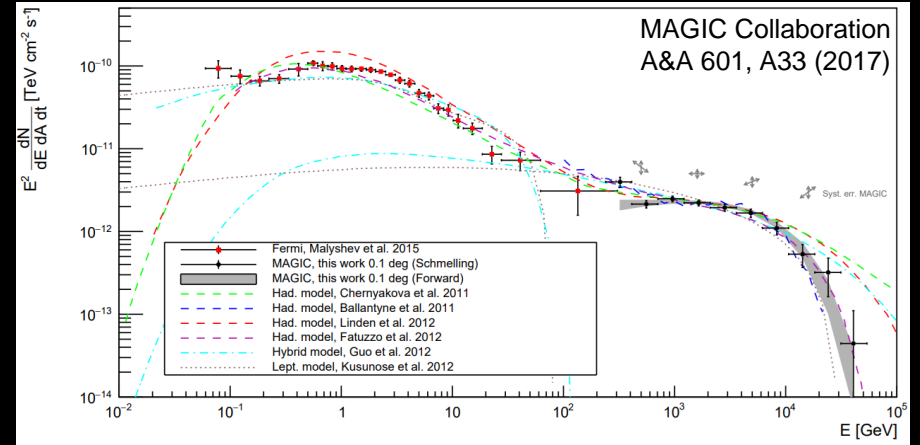
- **Himmelskarte**
Aus welcher Richtung kommt die Strahlung?



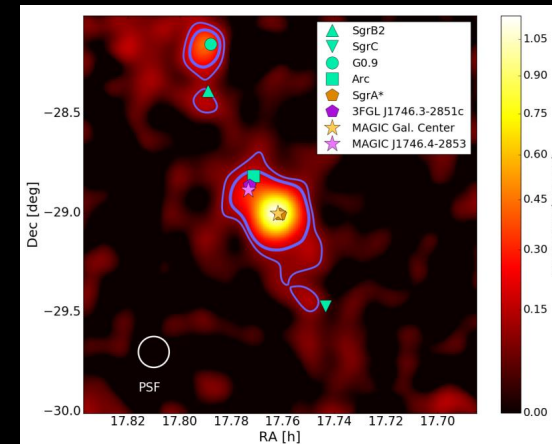
MAGIC Collaboration
Nature 575, p455–458 (2019)

Sagittarius A*: Das Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie

- **Energiespektrum**
Bei welcher Energie erreicht uns wie viel Strahlung?

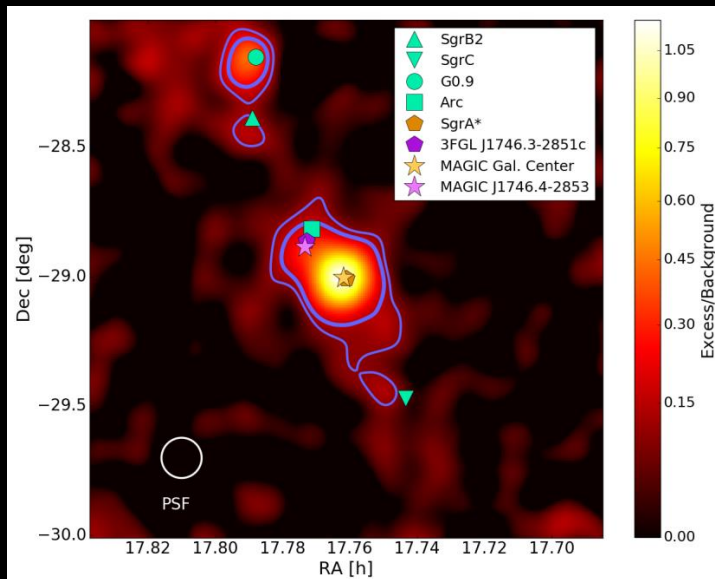


- **Himmelskarte**
Aus welcher Richtung kommt die Strahlung?



Aber wir sind noch nicht fertig, jetzt fängt der Spaß erst an:

- Die Interpretation der Ergebnisse (was passiert bei der Quelle?)
- Der Vergleich der Messungen mit den verfügbaren Theorien (stimmt die Theorie oder nicht?)



MAGIC Collaboration, A&A 601, A33 (2017)

